

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-059300

(43)Date of publication of application : 25.02.2000

(51)Int.Cl.

H04B 10/00
G01B 9/02
H04B 10/152
H04B 10/142
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 10-222865

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 06.08.1998

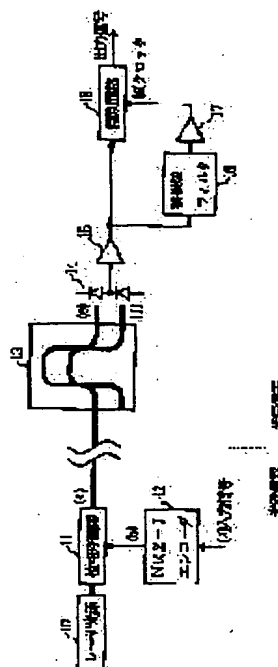
(72)Inventor : NISHIZAWA HIDEKI

(54) LIGHT TRANSMITTER-RECEIVER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To perform clock reproduction without using an electric circuit, which requires a high-speed operation, by utilizing the merit of a DPSK-DD(differential phase shift keying-direct detection) system.

SOLUTION: A light receiver is provided with a Mach-Zehnder interferometer 13 for branching the phase modulated light into two, setting a delay bit length D for one of signal light to the range of $0 < D < 2$, having both signal light interfered each other and converting them to intensity modulated light, a balance type light receiver 14 for receiving the two output of the Mach-Zehnder interferometer 13 and converting them to electric signals, a narrow-band filter 16 for extracting clock frequency components from the electric signals and a limiter amplifier 17 for fixing the amplitude of clock signals outputted from the narrow-band filter 16.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-59300

(P 2 0 0 0 - 5 9 3 0 0 A)

(43) 公開日 平成12年2月25日 (2000. 2. 25)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
H04B 10/00		H04B 9/00	B 2F064
G01B 9/02		G01B 9/02	5K002
H04B 10/152		H04B 9/00	L
10/142			
10/04			

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 6 頁) 最終頁に続く

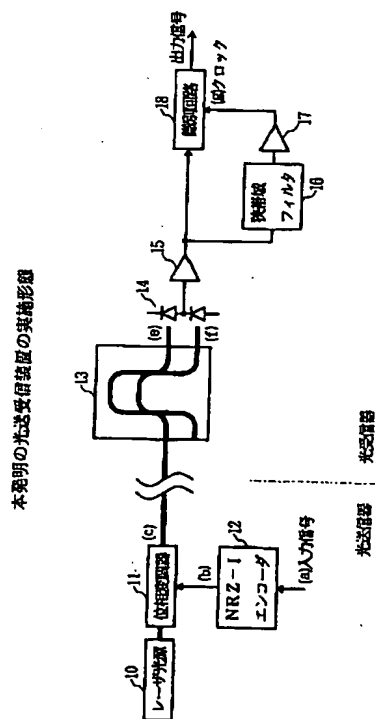
(21) 出願番号	特願平10-222865	(71) 出願人	000004226 日本電信電話株式会社 東京都千代田区大手町二丁目3番1号
(22) 出願日	平成10年8月6日 (1998. 8. 6)	(72) 発明者	西沢 秀樹 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本 電信電話株式会社内
		(74) 代理人	100072718 弁理士 古谷 史旺
		F ターム (参考)	2F064 EE04 FF01 5K002 AA01 BA13 CA10 CA13 CA16 DA06

(54) 【発明の名称】 光送受信装置

(57) 【要約】

【課題】 DPSK-DD方式の長所を活かし、高速動作が要求される電気回路を用いずにクロック再生を行う。

【解決手段】 光受信器は、位相変調光を2分岐し、一方の信号光に対する遅延ビット長Dを $0 < D < 2$ の範囲で設定し、両信号光を干渉させて強度変調光に変換するマッハツェンダ干渉計と、マッハツェンダ干渉計の2出力を受光して電気信号に変換するバランス型受光器と、電気信号からクロック周波数成分を抽出する狭帯域フィルタと、狭帯域フィルタから出力されるクロック信号の振幅を一定にするリミッタアンプとを備える。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 無変調光をNRZ-I符号の信号で位相変調し、位相変調光を出力する光送信器と、前記位相変調光を受光し、クロック信号を再生して信号識別を行う光受信器とを備えた光送受信装置において、前記光受信器は、前記位相変調光を2分岐し、一方の信号光に対する遅延ビット長Dを $0 < D < 2$ の範囲で設定し、両信号光を干渉させて強度変調光に変換するマッハツェンダ干渉計と、前記マッハツェンダ干渉計の2出力を受光して電気信号に変換するバランス型受光器と、前記電気信号からクロック周波数成分を抽出する狭帯域フィルタと、前記狭帯域フィルタから出力されるクロック信号の振幅を一定にするリミッタアンプとを備えたことを特徴とする光送受信装置。

【請求項2】 請求項1に記載の光送受信装置において、マッハツェンダ干渉計は、一方の信号光に対する遅延ビット長Dを $1/2 \leq D \leq 1$ の範囲で設定することを特徴とする光送受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コヒーレント光通信に用いられる光送受信装置において、差動位相変調-直接検波(DPSK-DD)方式を利用してクロック再生を行う光送受信装置に関する。

【0002】

【従来の技術】DPSK-DD方式は、入力信号が「1」の場合には直前の符号を反転した符号、「0」の場合には直前の符号と等しい符号となるNRZ-I符号の信号を生成し、このNRZ-I符号の信号で無変調光を位相変調して送信し、受信側ではこの位相変調光をバランス型受光器で直接検波する方式である。DPSK-DD方式は、強度変調-直接検波(IM-DD)方式に比べて受光感度がよいので、長距離光伝送に適した光通信方式として実用化が期待されている。

【0003】また、DPSK-DD方式はバランス型受光器を用いた差動受信方式であり、信号を識別する閾値を入力信号光強度に関わらず常に信号振幅の中央に保てるので、信号光のレベル変動に強い特徴がある。したがって、近年では光ATMスイッチ等のように、光パケット信号を光の領域で交換するシステムに適用する光送受信方式として実用化が期待されている。

【0004】一方、長距離光伝送や光ATMスイッチなどの光通信システムでは、信号光からのクロック再生が重要な課題になっており、クロック再生に適した通信方式や符号化方式が多数提案されている。

【0005】ここで、最も一般的な例として、IM-D

D方式でNRZ符号を用いた場合のクロック再生技術について説明する。図5、6は、従来の光送受信装置の構成例を示す。

【0006】図5において、光送信器は、レーザ光源50および強度変調器51により構成される。光送信器に対向する光受信器は、フォトダイオード52、線形増幅器53、1/2ビット遅延器54、排他的論理和(EXOR)回路55、狭帯域フィルタ56、リミッタアンプ57、識別回路58により構成される。

10 【0007】レーザ光源50から出力された光は、強度変調器51でNRZ符号の入力信号によって強度変調される。この信号光は、対向する光受信器のフォトダイオード52に受光され、電気信号に変換される。この電気信号は線形増幅器53で増幅され、さらに2分岐して一方が識別回路58に入力され、他方がクロック再生に用いられる。クロック再生用に分岐された電気信号は、さらに2分岐して一方がEXOR回路55に入力され、他方が1/2ビット遅延器54で1/2ビットの遅延を受けてEXOR回路55に入力される。この結果、EXOR回路55からは、クロックと同じ帯域をもつ信号が出力され、狭帯域フィルタ56によってクロック周波数成分が抽出される。抽出されたクロック信号は、リミッタアンプ57で強度が一定になって識別回路58に与えられる。

【0008】図6において、光送信器は、レーザ光源60および強度変調器61により構成される。光送信器に対向する光受信器は、フォトダイオード62、線形増幅器63、通倍回路64、狭帯域フィルタ65、リミッタアンプ66、識別回路67により構成される。

30 【0009】レーザ光源60から出力された光は、強度変調器61でNRZ符号の入力信号によって強度変調される。この信号光は、対向する光受信器のフォトダイオード62に受光され、電気信号に変換される。この電気信号は線形増幅器63で増幅され、さらに2分岐して一方が識別回路67に入力され、他方がクロック再生に用いられる。通倍回路64は、クロック再生用に分岐された電気信号を入力し、微分・全波整流によってクロックと同じ帯域をもつ信号を出力し、狭帯域フィルタ65によってクロック周波数成分が抽出される。抽出されたクロック信号は、リミッタアンプ66で強度が一定になって識別回路67に与えられる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】例えば、10Gbit/sの通信では、光受信器内で識別再生を行う際に必要となるクロック周波数は10GHzである。しかし、10Gbit/sのNRZ符号列は、周波数帯域が0~5GHz程度の範囲に分布しているためにクロック周波数成分を含まない。したがって、信号に同期したクロックを抽出するためには、受信したNRZ符号列からクロック周波数成分を作り出す電気回路が必要となる。

【0011】図5に示す従来構成では、クロック周波数成分を作り出すためにEXOR回路55が用いられ、図6に示す従来構成では逡倍回路64が用いられている。これらの電気回路は、信号速度の2倍の速度で駆動しなければならないので、数十Gbit/sクラスの高速光通信に適用するには回路の作成が困難になる。

【0012】本発明は、DPSK-DD方式の長所を活かし、高速動作が要求される電気回路を用いずにクロック再生を行うことができる光送受信装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、無変調光をNRZ-I符号の信号で位相変調し、位相変調光を出力する光送信器と、位相変調光を受光し、クロック信号を再生して信号識別を行う光受信器とを備えた光送受信装置において、光受信器は、位相変調光を2分岐し、一方の信号光に対する遅延ビット長Dを $0 < D < 2$ の範囲で設定し、両信号光を干渉させて強度変調光に変換するマッハツェンダ干渉計と、マッハツェンダ干渉計の2出力を受光して電気信号に変換するバランス型受光器と、電気信号からクロック周波数成分を抽出する狭帯域フィルタと、狭帯域フィルタから出力されるクロック信号の振幅を一定にするリミッタアンプとを備えて構成する。

【0014】また、マッハツェンダ干渉計は、一方の信号光に対する遅延ビット長Dを $1/2 \leq D \leq 1$ の範囲で設定することが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の光送受信装置の実施形態を示す。図2は、図1の各点における符号列を示す。

【0016】図において、光送信器は、レーザ光源10、位相変調器11およびNRZ-Iエンコーダ12により構成される。光送信器に対向する光受信器は、マッハツェンダ(MZ)干渉計13、バランス型受光器14、線形増幅器15、狭帯域フィルタ16、リミッタアンプ17、識別回路18により構成される。

【0017】NRZ-Iエンコーダ12は、NRZ符号の入力信号(図2(a))を入力し、信号「1」の場合には直前の符号を反転した符号、信号「0」の場合には直前の符号と等しい符号となるNRZ-I符号の信号(図2(b))に変換して出力する。位相変調器11は、レーザ光源10から出力された無変調光をNRZ-I符号の信号によって位相変調し、0と π の2値の位相変調信号(図2(c))を出力する。この位相変調信号は、対向する光受信器のMZ干渉計13に入力される。

【0018】MZ干渉計13は、一方の3dBカプラで入力信号光を2本のアーム導波路に2分岐し、その一方の信号光に対して遅延ビット長Dを $0 < D < 2$ の範囲で遅延させ、他方の3dBカプラで2分岐された信号光を合波して干渉させる構成であり、その位相差に応じて位

相変調光を強度変調光に変換する。図2は、遅延ビット長Dが0.8の場合であり、(d)は干渉した2波の位相差を示し、(e)、(f)は干渉後にMZ干渉計13の2ポートから出力される強度変調光を示す。

【0019】MZ干渉計13の2つのポートから出力される強度変調光は、バランス型受光器14に受光されて電気信号に変換される。この電気信号は線形増幅器15で増幅され、さらに2分岐して一方が識別回路18に入力され、他方がクロック再生に用いられる。狭帯域フィルタ16は、クロック再生用に分岐された電気信号を入力し、クロック周波数成分を抽出する。抽出されたクロックは、リミッタアンプ17で強度が一定に制御されて識別回路18に与えられる。図2(g)は、再生されたクロックを示す。

【0020】なお、MZ干渉計13における遅延ビット長Dは、 $1/2 \leq D \leq 1$ の範囲の設定が好ましい。以下、その理由について詳細に説明する。データ受信の際には、信号がクロック周波数成分を含み、かつ検波信号のパルス幅が広いほど正確な受信ができる。ここで、遅延ビット長Dとクロック周波数成分およびパルス幅との関係を図3に模式的に示す。

【0021】信号のパルス幅は、 $D=1$ のときに最大の広がりを持ち、 $D=1$ より大きくても小さくてもパルス幅が狭くなる。いま、注目しているビットをn番目のビットとすると、 $D=1$ では隣接するビット同士、すなわちn番目のビットとn+1番目のビットが完全に干渉し、NRZ-I符号の信号を効率よく検波することができる。また、Dが1より小さくなると、隣接するn番目とn+1番目のビット間だけでなく、n番目のビット同士の干渉が発生する。この結果、パルス幅は狭くなり、信号波形はRZ符号に近づいていく。 $D=0$ の極限ではパルス幅は0になり、スペースの連続になる。一方、Dが1より大きくなると、隣接するn番目とn+1番目のビット間の干渉に加えて、n番目とn+2番目のビット間の干渉が発生する。この部分は、受信器によって再生されるデータには関係なく単にパルス幅を狭くすることから、 $1 < D < 2$ の領域は原理的には受信可能であるが実用的ではない。 $D=2$ の極限では隣接するn番目とn+1番目のビット間の干渉が完全になくなり、n番目とn+2番目のビット間の干渉のみとなり、受信不能になる。

【0022】以上の説明では、NRZ-I符号の信号の検波に関しては、 $D=1$ であることが最適と言える。しかし、検波信号の識別にはクロックが必要であり、そのクロックを検波信号から抽出再生する必要がある。そのためには、検波信号がクロック周波数成分を含んでいる必要がある。従来構成ではEXOR回路や逡倍回路を用い、電気領域でクロック周波数成分を抽出していたが、本実施形態の構成ではMZ干渉計13における遅延ビット長Dを調整することにより、クロック周波数成分を多

く含む信号を生成し、簡単な構成でクロック再生を可能にする。

【0023】クロック周波数成分を最も多く含むのは、図3に示すように $D=1/2$ の付近であり、MZ干渉計13の出力信号波形がRZ信号とほぼ等価な波形になる。 D が $1/2$ から0に向かうにつれて、また1に近づくにつれてクロック周波数成分は小さくなり、受信器の性能は低下する。なお、 $1 < D < 2$ の領域でも所定のクロック周波数成分を含んでいる。

【0024】このように、遅延ビット長 D が $1/2$ 付近では、MZ干渉計13からの出力信号がクロック周波数成分を多く含むことから、クロックの再生効率が最もよい。また、遅延ビット長 D が $1/2$ から1に近づくにつれてビットの幅が広がり、識別の際にビット誤りを起こしにくくなる。その反面、クロック周波数成分が減少し、クロックの再生効率が遅延ビット長 $1/2$ のときに比べて劣化する。したがって、MZ干渉計13における遅延ビット長 D は、 $1/2 \leq D \leq 1$ の範囲の設定が好ましいと言える。

【0025】なお、MZ干渉計13の一方のアーム導波路に例えばヒータを蒸着し、熱光学効果を利用して光学長を可変させ、遅延ビット長 D を可変させる構成としてもよい。

【0026】図4は、本発明の光送受信装置をコヒーレント光通信システムに適用した実施例構成を示す。図において、光送信器は、レーザ光源40、位相変調器41およびNRZ-Iエンコーダ42により構成される。光伝送路および光スイッチング網を介して光送信器に対向する光受信器は、遅延ビット長が $1/2$ に設定されたMZ干渉計43、バランス型受光器44、線形増幅器45、ローパスフィルタ(LPF)46、狭帯域フィルタとしてSAWフィルタ47、リミッタアンプ48、識別回路としてD-フリップフロップ(D-FF)49により構成される。

【0027】位相変調器41は、例えばLiNbO₃によって形成される光導波路からなり、NRZ-Iエンコーダ42から出力されるNRZ-I符号の信号によって駆動され、レーザ光源40から出力されるレーザ光をNRZ-I符号に位相変調する。この位相変調光は、光伝送路および光スイッチング網を介してMZ干渉計43に入力される。

【0028】MZ干渉計43は、入力信号光を2分岐し、その一方の信号光を $1/2$ ビット遅延し、両信号光を干渉させて強度変調光を生成する。なお、このときの強度変調光はRZ符号となり、マークとスペースでMZ干渉計43の2つのポートにそれぞれ出力され、バランス型受光器44で電気信号に変換される。この電気信号は線形増幅器45で増幅され、さらに2分岐し、一方がLPF46を介して高周波成分がカットされてパルス幅が広げられ、D-FF49に入力される。他方の電気信

号は、SAWフィルタ47に入力されてクロック周波数成分が抽出され、リミッタアンプ48で強度が一定に制御されてD-FF49のクロック端子に与えられる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の光送受信装置は、MZ干渉計の遅延ビット長 D を調整することにより、光信号からクロック周波数成分を作りだすことができる。従来は、EXOR回路や通倍回路を用い、電気領域でクロック周波数成分を抽出していたので、信号速度の2倍の高速動作を必要としていたが、本発明の光送受信装置では高速動作が要求される電気回路が不要となる。すなわち、簡単な構成で数十Gbit/sクラスの高速光通信のクロック再生に適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光送受信装置の実施形態を示すブロック図。

【図2】図1の各点の信号波形を示す図。

【図3】遅延ビット長 D とクロック周波数成分およびパルス幅の関係を模式的に示す図。

【図4】本発明の光送受信装置をコヒーレント光通信システムに適用した実施例構成を示すブロック図。

【図5】従来の光送受信装置の構成例を示すブロック図。

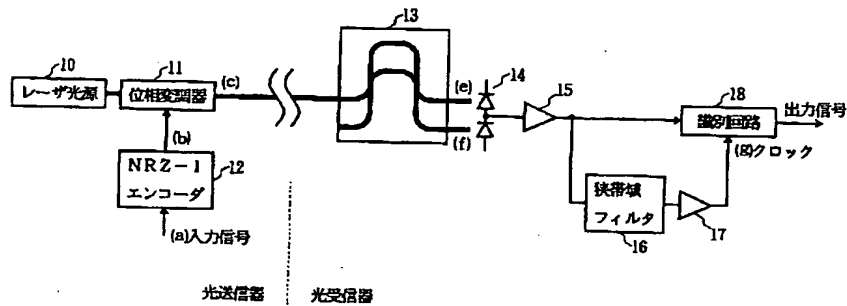
【図6】従来の光送受信装置の構成例を示すブロック図。

【符号の説明】

- 10, 40 レーザ光源
- 11, 41 位相変調器
- 12, 42 NRZ-Iエンコーダ
- 13, 43 マッハツェンダ(MZ)干渉計
- 14, 44 バランス型受光器
- 15, 45 線形増幅器
- 16 狭帯域フィルタ
- 17, 48 リミッタアンプ
- 18 識別回路
- 46 ローパスフィルタ(LPF)
- 47 SAWフィルタ
- 49 D-フリップフロップ(D-FF)
- 50, 60 レーザ光源
- 51, 61 強度変調器
- 52, 62 フォトダイオード
- 53, 63 線形増幅器
- 54 $1/2$ ビット遅延器
- 55 排他的論理和(EXOR)回路
- 56, 65 狭帯域フィルタ
- 57, 66 リミッタアンプ
- 58, 67 識別回路
- 64 通倍回路

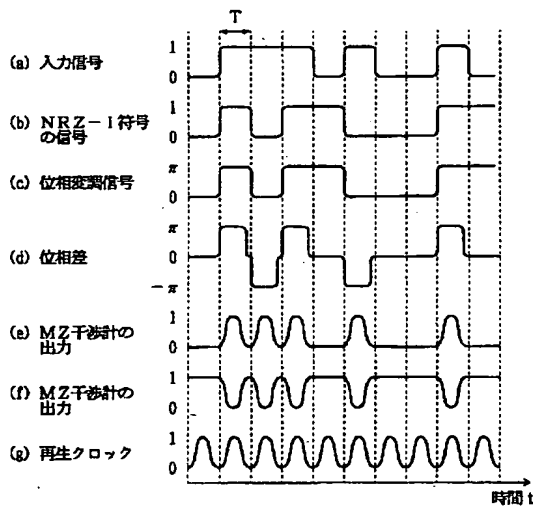
【図 1】

本発明の光送受信装置の実施形態



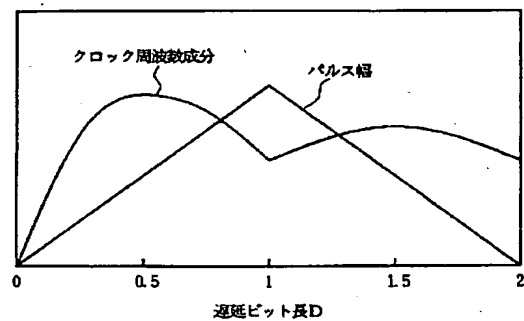
【図 2】

図 1 の各点の信号波形



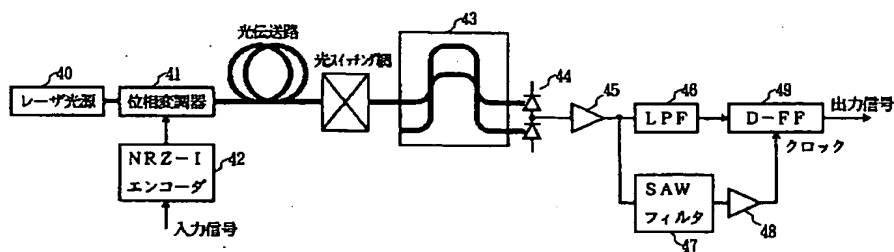
【図 3】

遅延ビット長Dとクロック周波数成分およびパルス幅との関係



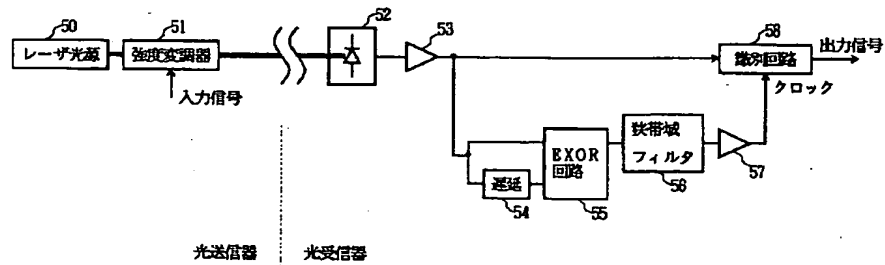
【図 4】

本発明の光送受信装置をコヒーレント光通信システムに適用した実施例構成



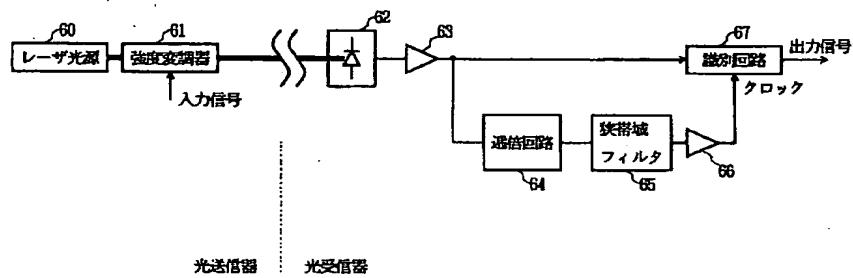
【図 5】

従来の光送受信装置の構成例



【図 6】

従来の光送受信装置の構成例



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード (参考)

H 0 4 B 10/06